

# ULTRASONIC SHEET FEEDER AND THIN FORM ULTRASONIC MOTOR AND ITS DRIVING METHOD

Publication number: JP5124742

Publication date: 1993-05-21

Inventor: SHIBATA YUICHIRO; TOKUNAGA MITSUHIRO;  
MYOGA OSAMU; INOUE TAKESHI; SUGA MICHIHISA

Applicant: NIPPON ELECTRIC CO

Classification:

- international: B41J13/00; B65H5/00; H02N2/00; B41J13/00;  
B65H5/00; H02N2/00; (IPC1-7): B41J13/00; B65H5/00;  
H02N2/00

- European:

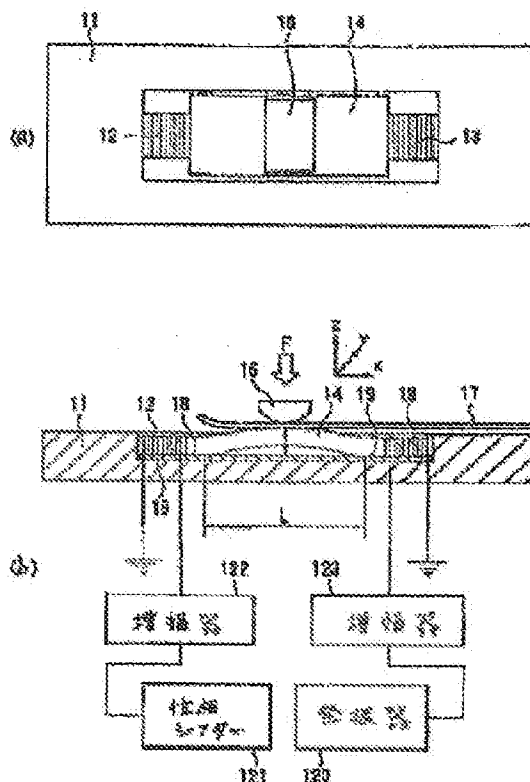
Application number: JP19920102530 19920330

Priority number(s): JP19920102530 19920330; JP19910064295 19910328

Report a data error here

## Abstract of JP5124742

**PURPOSE:** To ensure that a sufficient pressure contacting force is obtained in the arrangement where sheets are fed by the drive force of a piezo element in ultrasonic driving, which involves otherwise such a problem that bending vibration is suppressed with increasing pressure contacting force for the sheets. **CONSTITUTION:** A convex shell 14 with the central part bent and protruding and piezo ceramic elements 12, 13 are arranged on a base 11 to form a stator. One-side ends of these piezo elements 12, 13 are fixed to the base 11 while the other ends are in contact with the shell 14 at its two ends, and in the center of the shell 14 a pressure contacting block 16 is arranged oppositely. When coming in, a sheet 17 is pinched by the bent protrusion of the shell 14 and the block 16. The friction coefficient of the block 16 contact surface with the sheet 17 is made smaller than that of the shell 14 contact surface with the sheet 17. The piezo elements 12, 13 are supplied with AC voltage equipped with a phase difference.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(51)IntCl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 6 5 H 5/00	L	7111-3F		
B 4 1 J 13/00		9210-2C		
H 0 2 N 2/00	B	8525-5H		

審査請求 未請求 請求項の数12(全 15 頁)

(21)出願番号	特願平4-102530	(71)出願人	000004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目7番1号
(22)出願日	平成4年(1992)3月30日	(72)発明者	柴田 裕一郎 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
(31)優先権主張番号	特願平3-64295	(72)発明者	徳永 光博 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
(32)優先日	平3(1991)3月28日	(72)発明者	箕加 修 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
(33)優先権主張国	日本(JP)	(74)代理人	弁理士 山川 政樹

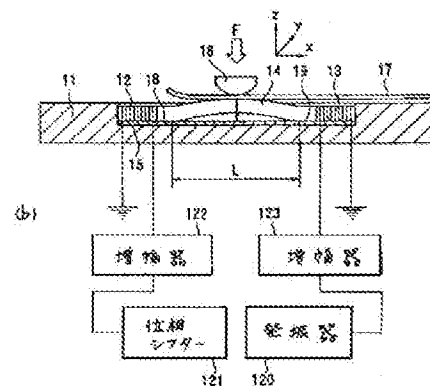
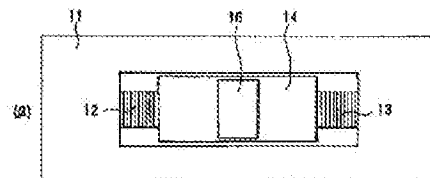
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 超音波シートフイーダおよび薄型超音波モータおよびそれらの駆動方法

(57)【要約】

【目的】 超音波駆動の圧電素子の駆動力でシートを送る場合、シートに対する圧接力を高めると屈曲振動が抑圧されるので十分な圧接力が得られない点を改良する。

【構成】 ベース11上に、中央部が湾曲して突出したコンベックスシェル14と、圧電セラミック素子12、13が配置されてステータを構成している。このシェル14の両端には、他端をベース11に固定した圧電セラミック素子12、13の一端が接触し、シェル14の中央部には圧接ブロック16が対向配置される。シート17が入ってくるとシェル14の湾曲突出部と圧接ブロック16の間に挟持される。圧接ブロック16の接触面のシート17に対する摩擦係数は、シェル14表面の接触面のシート17に対する摩擦係数よりも小さくなっている。圧電セラミック素子12、13には位相差のある交流電圧が供給される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 中央部が突出したコンベックスシェルと、  
このコンベックスシェルの両端に一端が接するようにそれぞれ設けられた圧電セラミック素子と、  
このセラミック素子の他端を固定する固定手段と、  
シート状の被運搬体が導入されたときこの被運搬体を前記コンベックスシェルとの間に挟持するために、前記コンベックスシェルの突出した部分に対向して配置され、前記被運搬体に対する接触部分の摩擦係数が前記コンベックスシェルの前記被運搬体に対する接触部分の摩擦係数より小さい圧接ブロックと、  
前記2つの圧電セラミック素子に対し位相差を有する交流電圧をそれぞれ供給する駆動電源とを備えたことを特徴とする超音波シートフィーダ。

【請求項2】 請求項1に記載の超音波シートフィーダを駆動する駆動方法において、  
前記超音波シートフィーダの固有共振周波数より低い周波数帯の交流電圧で前記圧電セラミック素子を駆動し、前記2つの圧電セラミック素子から出力される機械的振動変位を互いにほぼ90°異ならせて、前記コンベックスシェルの中央部分に楕円運動を発生させ、非共振モードで前記被運搬体を搬送させることを特徴とする超音波シートフィーダの駆動方法。

【請求項3】 請求項1に記載の超音波シートフィーダを駆動する駆動方法において、  
前記コンベックスシェルが並進運動する共振周波数で前記2つの圧電セラミック素子を駆動し、この2つの圧電セラミック素子から出力される機械的振動変位を互いにほぼ90°異ならせて、前記コンベックスシェルの中央部分に楕円運動を発生させ、共振モードで前記被運搬体を搬送させることを特徴とする超音波シートフィーダの駆動方法。

【請求項4】 請求項1に記載の超音波シートフィーダを駆動する駆動方法において、  
前記コンベックスシェルが屈曲振動する共振周波数で前記2つの圧電セラミック素子を駆動し、この2つの圧電セラミック素子から出力される機械的振動変位を互いにほぼ90°異ならせて、前記コンベックスシェルの中央部分に楕円運動を発生させ、共振モードで前記被運搬体を搬送させることを特徴とする超音波シートフィーダの駆動方法。

【請求項5】 相対的に薄い部分、この薄い部分の一端に設けられた相対的に厚い部分からなる一対の共振子と、  
前記共振子の薄い部分に縦振動を生じさせるために取り付けられた圧電セラミック素子と、  
中央部が突出した形状を有し、両端が前記共振子の薄い部分の他端に接続されたコンベックスシェルと、  
このコンベックスシェルの中央部に圧接されたロータと

を備えたことを特徴とする薄型超音波モータ。

【請求項6】 請求項5に記載の薄型超音波モータを駆動する駆動方法において、  
前記コンベックスシェルが並進運動する共振周波数で前記2つの圧電セラミック素子を駆動し、これら2つの圧電セラミック素子から出力される振動変位にほぼ90°の位相差を生じさせて、前記コンベックスシェルの中央部分に楕円運動を発生させ、共振モードで前記ロータを回転させることを特徴とする薄型超音波モータの駆動方法。

【請求項7】 2つのアーム部が対向し、そのアーム部の一端が接続されて底部となり、縦断面がコ字型に形成された一対の共振子と、  
中央部が突出した形状を有し、前記各共振子の対応するアームの他端に接続されたコンベックスシェルと、  
前記各共振子の対応するアームにそれぞれ取り付けられた圧電セラミック素子と、  
前記コンベックスシェルの中央部に圧接されたロータとを備えたことを特徴とする薄型超音波モータ。

【請求項8】 請求項7に記載の薄型超音波モータを駆動する駆動方法において、  
前記コンベックスシェルが並進運動する共振周波数で前記2つの圧電セラミック素子を駆動し、これら2つの圧電セラミック素子から出力される振動変位にほぼ90°の位相差を生じさせて、前記コンベックスシェルの中央部分に楕円運動を発生させ、共振モードで前記ロータを回転させることを特徴とする薄型超音波モータの駆動方法。

【請求項9】 2つのアーム部が対向し、そのアーム部の一端が接続されて底部となり、縦断面がコ字型に形成された一対の共振子と、  
中央部が突出した形状を有し、前記各共振子の対応するアームの他端に接続されたコンベックスシェルと、  
前記各共振子の対応する他方のアームの他端に接続された支持部と、  
前記各共振子の対応するアームにそれぞれ取り付けられた圧電セラミック素子と、  
前記コンベックスシェルの中央部に圧接されたロータとを備えたことを特徴とする薄型超音波モータ。

【請求項10】 請求項9に記載の薄型超音波モータを駆動する駆動方法において、  
前記コンベックスシェルが並進運動する共振周波数で前記2つの圧電セラミック素子を駆動し、これら2つの圧電セラミック素子から出力される振動変位にほぼ90°の位相差を生じさせて、前記コンベックスシェルの中央部分に楕円運動を発生させ、共振モードで前記ロータを回転させることを特徴とする薄型超音波モータの駆動方法。

【請求項11】 2つのアーム部が面内で対向し、そのアーム部の一端が接続されて底部となり、横断面がコ字

型に形成された一対の共振子と、中央部が突出した形状を有し、前記各共振子の対応する一対のアームの他端にそれぞれ接続されたコンベックスシエルと、前記共振子のアームにそれぞれ取り付けられた互いに分極の向きが異なる圧電セラミック素子と、前記コンベックスシエルの中央部に圧接されたローラとを備えたことを特徴とする薄型超音波モータ。

【請求項12】 請求項11に記載の薄型超音波モータを駆動する駆動方法において、前記コンベックスシエルが並進運動する共振周波数で前記2つの圧電セラミック素子を駆動し、これら2つの圧電セラミック素子から出力される振動変位にほぼ90°の位相差を生じさせて、前記コンベックスシエルの中央部分に楕円運動を発生させ、共振モードで前記ローラを回転させることを特徴とする薄型超音波モータの駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、特に、ファクシミリ、プリンタ等のOA機器への応用を目的とし、超音波振動を利用した薄型の超音波シートフィードおよび薄型超音波モータおよびそれらの駆動方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より、OA機器等の紙送り機構の薄型化を目的とし、平板状振動子を用いた超音波モータが精力的に検討されてきた。

【0003】既に、特願昭62-126634号及び特願昭62-126636号の特許出願において、縦屈曲多重モード平板状振動子を用いた超音波シートフィードが提案されている。また、昭和63年3月開催の電子情報通信学会春季全国大会の講演論文「A-225及びA-227」において、上記平板状振動子を用いた超音波シートフィードについて設計、試作、評価結果が報告されている。

【0004】このうち、縦・屈曲二重モード平板状振動子の構造の一例を図19に示す。図19において、

(a)は平面図、(b)は正面図およびこの振動子を駆動するための回路図を示す。100は矩形金属板、111、112、113は圧電セラミック板である。このうち、111は縦基本共振モードを積極的に励振させるための圧電セラミック板、112、113はそれぞれ屈曲振動を積極的に励振させるための圧電セラミック板である。120は発振器、121は位相シフター、122、123は増幅器である。

【0005】この縦・屈曲二重モード圧電振動子の振動モードを図20に示す。(a)は振動子の平面図、

(b)は振動子の正面図である。(b)図中の点線は基本共振の振動変位分布を示す。また、(a)図中の点線は屈曲振動モード( $B_{2-2}$ モード)の振動節点を示す。

屈曲振動 $B_{2-2}$ モードの共振周波数 $f_{B22}$ は幅寸法 $W_0$ と板厚 $T_0$ に依存し、 $W_0$ に反比例する。また、縦振動の共振周波数 $f_{L1}$ は長さ寸法 $L_0$ に依存し、 $L_0$ に反比例する。したがって、幅 $W_0$ と長さ $L_0$ を適切に定める事により $f_{L1}=f_{B22}$ を実現することができ、このとき初めて縦振動基本一次モードと屈曲振動 $B_{2-2}$ モードともに共振で駆動することが可能である。そして、縦振動と屈曲振動の位相差を±90°とすることにより、図20のP点あるいはQ点付近において、大振幅の楕円振動を実現することが可能である。縦振動と屈曲振動に位相差を与えるためには、圧電セラミック板111と圧電セラミック板112、113に印加する交流電圧に位相シフター121により位相差を与えることで容易に実現できる。

【0006】図21に、図19に示した縦屈曲二重モード振動子を用いた超音波シートフィードを示す。図21において、114はゴム等の柔軟な材料でできた板、115は硬い金属ベース、116はローラ、117は紙シートである。また、矢印 $F_0$ はローラ116を平板状振動子に押し付ける力を示す。平板状振動子の屈曲振動に基づく振動変位はZ軸方向、縦振動子の振動変位はX軸方向となる。この平板状振動子の上に紙を置き、さらに図20におけるP点にローラ116を圧接した場合、ローラ116と当接する点Pに、X軸とZ軸方向の振動変位で合成された楕円振動が生じ、その結果、平板状振動子の矩形金属板100と紙シート117間に生ずる摩擦力を介して紙シート117をX軸の正あるいは負いずれかの方向に移動させることができる。また、紙シート117をX軸方向の正あるいは負の方向へ移動させるかの選択は、圧電セラミック板111と112、113に印加する電圧の位相差を適当に定めることにより、容易に行うことが可能である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来の縦屈曲二重モード振動子を用いた超音波シートフィードは、例えば厚さ $T_0$ が2mm、長さ $L_0$ が70mm、幅 $W_0$ が15mm程度の通常の振動子を用いた場合、紙シートの移動速度は5mm/s程度の大きな値を比較的容易に得ることができるが、一方、圧接力 $F$ が1kgfで、せいぜい300gfの推力しか得ることができず、専らカード送り等の軽負荷用としては適切であるが、高推力(例えば、1kgf以上)が必要とされるファクシミリ用としては甚だ不十分なものであった。

【0008】この理由は、振動子が平板であるために、高推力を得ようとして圧接力 $F_0$ を高めると屈曲振動が抑圧されてしまうためである。また、屈曲振動を抑圧しないために、114に示すようなシリコンゴムシートが用いられているが、共振周波数30kHz程度で超音波シートフィードを実現した場合、このシリコンゴムシート114の厚さは少なくとも5mm程度必要になる。このた

め、このシートフィードのローラ116を含めた全厚さは20mm以上となり、このシリコンゴムシート114がシートフィードの薄型化の障害となっていた。また、紙送り速度を大きくするためには、二重モード平板振動子の縦と屈曲の共振周波数を一致させて共振駆動を行う必要があるが、このための周波数調整が大変やっかいで、これが製造時の障害となっていた。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明（請求項1）に基づく超音波シートフィードは、図1に例示するように、必要に応じてベース11を用意し、このベース11上に、中央部が湾曲して突出したコンベックスシエル14と、圧電セラミック素子12、13が配置されてステータを構成している。このコンベックスシエル14の両端にはそれぞれ少なくとも1つの圧電セラミック素子12、13の一端が接触し、かつ圧電セラミック素子12、13の他端はベース11に固定されている。そして、コンベックスシエル14の中央部に対向するように圧接ブロック16が配置され、シート状被搬送体17が導入されたときにはコンベックスシエル14の湾曲突出部と圧接ブロック16の間にこのシート状被搬送体17が挟持される。また、圧接ブロック16接触面のシート状被搬送体17に対する摩擦係数は、コンベックスシエル14表面の接触面のシート状被搬送体17に対する摩擦係数よりも小さくなっている。そして、2つの圧電セラミック素子12、13に位相差のある交流電圧を供給するために駆動電源が設けられている。

【0010】また、本発明（請求項5）に基づく薄型超音波モータは、図6に例示するように、相対的に薄い部分31、31'、この薄い部分の一端に設けられた相対的に厚い部分32、32'からなる一対の共振子30、30'と、共振子の薄い部分に縦振動を生じさせるために取り付けられた圧電セラミック素子34、34'と、中央部が突出した形状を有し、両端が共振子の薄い部分の他端に接続されたコンベックスシエル33と、このコンベックスシエルの中央部に圧接されたロータ36とから構成したものである。

【0011】また、本発明（請求項7）に基づく薄型超音波モータは、図11に例示するように、2つのアーム部41、44および41'、44'が対向し、そのアーム部の一端が接続されて底部43、43'となり、縦断面がコ字型に形成された一対の共振子40、40'と、中央部が突出した形状を有し、各共振子の対応するアームの他端に接続されたコンベックスシエル44と、各共振子の対応するアームにそれぞれ取り付けられた圧電セラミック素子45、45'と、コンベックスシエルの中央部に圧接されたロータ46とから構成したものである。

【0012】また、本発明（請求項9）に基づく薄型超音波モータは、図14に例示するように、2つのアーム

部51、52および51'、52'が対向し、そのアーム部の一端が接続されて底部53、53'となり、縦断面がコ字型に形成された一対の共振子50、50'と、中央部が突出した形状を有し、各共振子の対応するアームの他端に接続されたコンベックスシエル54と、各共振子の対応する他方のアームの他端に接続された支持部58と、各共振子の対応するアームにそれぞれ取り付けられた圧電セラミック素子55、55'と、コンベックスシエルの中央部に圧接されたロータ56とから構成したものである。

【0013】また、本発明（請求項11）に基づく薄型超音波モータは、図16に例示するように、2つのアーム部61、62および61'、62'が面内で対向し、そのアーム部の一端が接続されて底部63、63'となり、横断面がコ字型に形成された一対の共振子60、60'と、中央部が突出した形状を有し、各共振子の対応する一対のアームの他端にそれぞれ接続されたコンベックスシエル64、64'と、共振子のアームにそれぞれ取り付けられた互いに分極の向きが異なる圧電セラミック素子65、66および65'、66'と、コンベックスシエルの中央部に圧接されたロータ67とから構成したものである。

【0014】

【作用】本発明（請求項2）では、超音波シートフィードの固有共振周波数より低い周波数帯の交流電圧で圧電セラミック素子12、13を駆動し、2つの圧電セラミック素子から出力される振動変位を互いにほぼ90°異ならせて、コンベックスシエル14の中央部分に楕円運動を発生させ、非共振モードで被搬送体17を搬送させる。

【0015】本発明（請求項3）では、コンベックスシエル14が並進運動する共振周波数で2つの圧電セラミック素子12、13を駆動し、この2つの圧電セラミック素子から出力される振動変位を互いにほぼ90°異ならせて、コンベックスシエルの中央部分に楕円運動を発生させ、共振モードで被搬送体17を搬送させる。

【0016】本発明（請求項4）では、コンベックスシエル14が屈曲振動する共振周波数で2つの圧電セラミック素子12、13を駆動し、この2つの圧電セラミック素子から出力される振動変位を互いにほぼ90°異ならせて、コンベックスシエルの中央部分に楕円運動を発生させ、共振モードで被搬送体17を搬送させる。

【0017】本発明（請求項6、8、10、12）では、コンベックスシエル33（44、54、64、64'）が並進運動する共振周波数で2つの圧電セラミック素子34、35（45、45'、55、55'、65、66、65'、66'）を駆動し、これら2つの圧電セラミック素子から出力される振動変位にほぼ90°の位相差を生じさせて、コンベックスシエルの中央部分に楕円運動を発生させ、共振モードでローラ36（4

6、56、67)を回転させる。

【0018】

【実施例】以下に実施例にしたがってこの発明を詳細に説明する。図1(a)はこの発明の1実施例の平面図、図1(b)はその断面正面図である。

【0019】図1に示す本発明の超音波シートフィーダは、軟鋼からなるベース11の中央の凹部に、圧電セラミック素子12、13、析出硬化型ステンレス鋼(17-17pH材)からなるコンベックスシエル14、動摩擦係数が小さく耐摩耗性に優れたエンジニアリングプラスチックからなる耐摩耗シート15、紙シート17との動摩擦係数が小さいエンジニアリングプラスチックが薄くコーティングされた圧接ブロック16、ファクシミリ装置で使用される紙シート17を用いて構成されている。18、19は、コンベックスシエル14が耐摩耗シート15と接触するシエル底部である。

【0020】コンベックスシエル14は両端部を除いて長手方向に湾曲し、中央部が上方にゆるく突出した形状になっている。圧電セラミック素子12、13は積層構造を有し、コンベックスシエル14の両端に接触している。この実施例では、圧電セラミック素子12、13は、コンベックスシエル14とベース11によって予め9kgfの圧縮力を受けている。そして、コンベックスシエル14の長さLは25mm、板厚は2mm、高さhは2.5mmとなっており、また、圧接ブロック16は5kgfの力Fでコンベックスシエル14を押し付けた状態で移動しないように固定されている。

【0021】上記のように構成した超音波シートフィーダは、発振器120と位相シフター121と増幅器122、123からなる駆動電源により駆動される。この電源から圧電セラミック素子12、13に3kHzで50V<sub>rms</sub>の高周波電圧を90°の位相差を与えて印加し、非共振モードで駆動する。その結果、コンベックスシエル14と圧接ブロック16の間に挟まれていた紙シート17は、5cm/秒の速度で一方向に送られた。位相シフター121による位相差を-90°とした場合には、紙シート17は前記方向と逆方向に同じ速度で送られた。紙送り速度に対する推力特性を測定すると、最大推力1kgfが得られた。

【0022】この超音波シートフィーダは、圧接ブロック16に当接されたコンベックスシエル14の中央部において、図2(a)のX、Z座標系に示すような楕円振動を行うことにより、あるいは図2(b)に示すようなX軸とある傾き角( $\theta_1$ あるいは $\theta_2$ )をなす直線振動(一般にキツキ型と称されている)を引き起こすことにより、高推力で紙シート17を移動させることが可能である。図2に示した楕円振動は、先ず、超音波シートフィーダの固有共振周波数より低い周波数帯で圧電素子12、13からの出力変位を互いに位相差90°異ならせて非共振で駆動することにより引き起こすことがで

きる。

【0023】また、図2(a)に示したような楕円振動は、コンベックスシエル14がX軸方向に並進運動する共振周波数 $f_1$ あるいはコンベックスシエル14がZ軸方向に屈曲振動する共振周波数 $f_2$ で圧電素子12、13を駆動し、圧電素子12、13から出力される機械的振動変位に90°の位相差を設けることによって引き起こすことが可能である。さらに、図2(b)に示したような直線振動は、圧電素子12あるいは13のいずれか一方でシエルを駆動することにより容易に引き起こすことができる。

【0024】すなわち、圧電セラミック素子12、13に30kHzで50V<sub>rms</sub>の高周波電圧を位相差を与えて印加し、コンベックスシエル14の並進振動を共振で駆動した。この位相差は調節することにより85°が最適であることがわかった。この結果、コンベックスシエル14と圧接ブロック16の間に挟まれていた紙シート17は、20cm/秒の速度で一方向に送られた。この位相差を-95°とした場合、紙は前記方向と逆方向に同じ速度で送られた。紙送り速度に対する推力特性を測定したところ、最大推力1.5kgfが得られた。

【0025】また、圧電セラミック素子12、13に38kHzで50V<sub>rms</sub>の高周波電圧を位相差を与えて印加し、コンベックスシエル14の屈曲振動を共振で駆動した。この位相差は調節することにより107°が最適であることがわかった。この結果、コンベックスシエル14と圧接ブロック16の間に挟まれていた紙シート17は、6.5cm/秒の速度で一方向に送られた。この位相差を-73°とした場合、紙シート17は前記方向と逆方向に同じ速度で送られた。紙送り速度に対する推力特性を測定すると最大推力1.1kgfが得られた。

【0026】また、一方の圧電セラミック素子12のみに30kHzで50V<sub>rms</sub>の高周波電圧を印加して共振で駆動すると、紙シート17は10cm/秒の速度で一方向に送られた。次に、他方の圧電セラミック素子13のみに上記と同様の高周波電圧を印加して共振で駆動すると、圧電セラミック素子12のみに高周波電圧を印加した場合とは逆向きに同じ速度で紙が送られた。この時の最大推力は1.2kgfであった。

【0027】次に、図3により本発明の超音波シートフィーダの駆動方法を説明する。図3において、20、21は振動部材を示す。コンベックスシエル14に楕円運動を生じさせる駆動方法として、上記したように非共振駆動法と共振駆動法の2つの方法がある。図3に示すように、圧電セラミック素子12、13の両方共用いて駆動する必要がある。この場合、圧電セラミック素子12、13とコンベックスシエル14からなる振動系は、コンベックスシエルが並進運動するモード(非対称モード)とコンベックスシエルがたわみ振動をするモード(対称モード)の2つの固有振動モードが存在する。

【0028】次に、図4(a)、(b)、(c)、(d)にコンベックスシェル14の運動の様子を示す。図4において、圧電セラミック素子12、13からの発生変位をそれぞれA、Bとし、また、その結果シェル中央部分に生じた変位をCとして示す。ここで、図4の(b)、(d)が非対称モード、(a)、(c)が対称モードを示す。コンベックスシェル14の曲げスチフネスのため、非対称モードの共振周波数 $f_1$ に比べて、通常、対称モードの共振周波数 $f_2$ は1.2~1.4倍位高くなる。なお、 $f_2$ を $f_1$ に接近させるためには、コンベックスシェル14の曲げスチフネスを十分小さくしなければならないが、これは実用上は無理がある。図4(a)から(d)までを1サイクルとして、順に圧電セラミック素子12、13を駆動することによりコンベックスシェル14の中央部分に楕円運動を生じさせることができる。

【0029】まず、非共振による楕円運動を生じさせる駆動法について説明する。図5(a)、(b)に圧電セラミック素子12、13の出力変位と図4に示したコンベックスシェル14の運動の位相関係を示す。ここで、圧電セラミック素子12と13からの出力変位に関し、圧電セラミック素子12、13が伸びる時を正、縮む時を負とする。したがって、圧電セラミック素子12では右向きの変位が正、圧電セラミック素子13では左向きの変位が正となる。非対称モードの共振周波数 $f_1$ に比べて、十分低いパルス繰り返し周波数で図5に示したような変位を圧電セラミック素子12、13に与えることにより、非共振パルス駆動を容易に行うことができる。また、圧電セラミック素子12と13の出力変位の位相差を $90^\circ$ あるいは $-90^\circ$ とし、非共振で正弦波駆動することも可能である。非共振駆動法は、大きな紙送り速度が要求されない場合に、紙送り速度の制御のし易さと言う点で最も有利な駆動法である。

【0030】次に、共振を利用してシェル中央部に楕円運動を生じさせる駆動法について説明する。この場合、対称モードと非対称モードのうちいずれの共振モードも可能であるが、対称モードの共振を用いた駆動方法に比べて、非対称モードの共振を用いた駆動法が十分な紙送り速度を得る点で有利である。非対称モード共振を利用した方が、コンベックスシェル14のX軸方向の変位量を大きくとれるからである。したがって、圧電セラミック素子12及び13からの変位の位相差を $90^\circ$ あるいは $-90^\circ$ とし、非対称モードの共振周波数 $f_1$ で駆動することにより、十分な紙送り速度を得ることが可能である。

【0031】また、対称モードの共振を用いた駆動方法は、コンベックスシェル14のZ軸方向の変位量を大きくとれる長所がある。従って、紙とシェルとの接触、非接触が確実かつ安定に行われ、静止摩擦係に近い状態で紙を移動させることができる。したがって、コンベックス

シェル14と圧接ブロック16の摩擦は本質的に小さくなる。この場合、圧電セラミック素子12、13からの出力変位量は非共振であるため小さいが、低速で安定な紙送りが要求された場合には、極めて有効な駆動方法と言える。

【0032】また、コンベックスシェル14の中央部分に、図2(b)に示す如くX軸とある角度 $\theta_1$ あるいは $\theta_2$ をなす方向に直線運動を生じさせることにより紙を駆動させる方法は、以下のように実現させることができる。図3において、圧電セラミック素子13には電圧を印加せず、圧電セラミック素子12のみに電圧を印加してコンベックスシェル14を駆動すると、コンベックスシェル14の中央部分には、図2のX軸と $\theta_1$ をなす方向に直線運動を生じさせることができる。図1に示す如く、コンベックスシェル14の上に紙シート17及び圧接ブロック16を配置し、圧接力Fを印加することにより、紙シート17は摩擦係を介してX軸の正方向に動く。

【0033】同様に、圧電セラミック素子12に電圧を印加しないで、圧電セラミック素子13のみに電圧を印加することにより、紙シート17をX軸の負方向に移動させることができる。このキツツキ型駆動法は共振、非共振どちらでも紙送りが可能であり、共振駆動行った場合でも、従来の縦・屈曲二重モード平板振動子のような縦と屈曲二つの共振周波数を一致させるようなやっかいな周波数合わせの必要はない。

【0034】上記の各々の駆動方法に対して、超音波シートフィードの構成要素である圧接ブロック16の替わりに、直径5mmの金属性ローラを使用した場合においても、上記と同様の紙送りを実現することができた。以上の説明からわかるように、本発明に基づく超音波シートフィードは、高推力化を達成させることができる。

【0035】すなわち、コンベックスシェル14の両端に圧電セラミック素子12、13を配置してコンベックスシェル14と一体化し、さらに圧電素子12、13の両端を高剛性のベース11に固定されてが、コンベックスシェル14をアーチ型構造とすることにより、従来の屈曲平板に比べて、大きな圧接力Fに対して遥かに大きなスチフネスを実現することができる。大きな圧接力Fに対して両端が固定されているコンベックスシェル14は、曲率半径が大きくなる方向に変形を受けるが、平板に比べると、その変形は僅かである。また、コンベックスシェル14に加えられる圧接力Fの数倍の力が圧電セラミック素子12、13に圧縮力として加わるが、圧電セラミック素子は圧縮力に対しては引っ張り力の数倍の強度を有し、また、圧縮力に対するスチフネスは一般に大きい。また、圧電セラミック素子12、13の変形も僅かである。

【0036】したがって、高い圧接力Fをシェル14に与えたとしても、本発明の超音波シートフィードの変形

量は小さな値となり、高剛性化が達成できる。また、本発明に基づく超音波シートフィーダは、圧接力 $F$ を大きくしたとしてもそれほど圧電セラミック素子12、13の振動を直接的に妨げるようなことはない。圧接力 $F$ をコンベックスシェル14の上部に印加した場合、その反作用としてシェル底部18、19が耐摩耗性シート15から垂直抗力 $F'$ （ $F$ と方向が逆で大きさは等しい力）を受ける。したがって、耐摩耗性シート15とシェル底部18、19との間の動摩擦係数 $\mu'$ が小さい値になるようにシートの材料及び固体潤滑剤を選択することにより、圧電セラミック素子の振動運動を妨げる動摩擦力 $\mu'F$ を小さな値に抑え込むことが可能である。

【0037】したがって、大きな圧接力 $F$ を印加した場合であっても、圧電セラミック素子12、13から出力される振動変位はそれほど抑圧されない長所がある。さらに、コンベックスシェル14を用いることにより、圧電セラミック素子12、13の出力変位に対し、5倍～20倍程度の拡大された変位がシェル中央部に発生し、Z軸方向に大振幅の振動を励振することが可能であるために、紙シートの種類を選ばない滑らかな紙送りを実現できる長所を有する。このコンベックスシェル14の変位拡大率（アクチュエータのX軸方向の変位に対するシェル中央部のZ軸方向の変位）は、図1におけるシェルの長さ $L$ に対するシェルの高さ $h$ の比 $h/L$ の値が小さいほど大きい。従って、コンベックスシェル14の曲率半径が大きいほど変位拡大率が大きくなる。

【0038】次に、本発明の薄型超音波モータの実施例について説明する。図6はこの超音波モータの斜視図である。ステンレス鋼の材料で形成され、薄い部分31、31'と両端の厚い部分32、32'と薄い部分31、31'に接着された圧電セラミック素子34、35とから共振子30、30'が構成され、さらに共振子30と30'の間に接続されたコンベックスシェル33とによりステータが構成される。そして、黄銅からなるローラ36をコンベックスシェル33に例えば加重6kgfで圧接して超音波モータを構成している。

【0039】圧電セラミック素子34、35は分極方向が同一方向になるようにエポキシ系接着剤を用いて薄い部分31、31'に接着されている。このように構成した薄型超音波モータは、この実施例では、共振子部分の長さ25mm、コンベックスシェル部分の長さ6mm（曲率半径4mm）、ステータ全長60mm、高さ5mm、ローラ直径8mmである。そして、圧電セラミック素子34、35に75、23kHzで $V_{rms}$ の高周波電圧を90°の位相差を与えて印加し、共振で駆動した。その結果、ローラ36は255r.p.m.の回転速度で一方方向に回転した。前記位相差を-90°とした場合、ローラは前記方向と逆方向に同じ回転速度で回転した。ローラ回転速度-トルク特性を測定すると起動トルク1、0kgf・cmが得られた。このように、簡単な構造で高推力を得ることが

できる。

【0040】次に動作を図7、図8、図9により詳細に説明する。図7に示すように、コンベックスシェル33の両端に段付き非対称の2分の1波長縦共振子30、30'を配置し、縦振動を誘起させる圧電セラミック素子34、35を縦共振子の薄い部分31、31'にそれぞれ接着し、ステータを構成している。

【0041】このようなコンベックスシェル33を用いることにより、図1の実施例と同様に、従来の屈曲平板振動子に比べて、ローラからの圧接力 $F$ に対して遥かに大きなスチフネスを実現することができる。例えば、コンベックスシェル形状を図7のように円弧状とし、シェル厚さ1mm、曲率半径4mm、高さ4mmのステンレス製のコンベックスシェル33に10kgfの圧接力を加えた場合、コンベックスシェルの曲率半径が大きくなる方向に変形を受けるが、変形量は1 $\mu$ m以下と小さい。ローラ36を用いて圧接力をシェルに加える構成となっているが、圧接力を $F$ 、ローラとシェルとの静止摩擦係数を $\mu$ とすると、静止摩擦力は $\mu F$ となる。この超音波モータをシートフィーダに使用すれば、 $\mu F$ が大きいほどローラとシェル間に挟まれたシートの推進力も大きくなることから、コンベックスシェルを用いたシートフィーダは、高推力化に適したものである。

【0042】また、この実施例では、縦共振子30、30'の内部に振動節点があるため高い機械的品質係数 $Q_m$ の値を得ることが可能であり、振動損失が少ない長所がある。縦振動子30、30'の薄い部分31、31'に比べて厚い部分12、12'が厚くなっているが、この理由の1つはシェル部分に大きな振動を与えるためであり、理由の他の1つは共振周波数の低周波化を図ることにある。すなわち、同一共振子長 $(a+b)$ に対して長さ比 $L_2/L_1$ が0.25～0.3程度の時最も低周波化を図ることができる。周知の如く低周波化を図ることは、振動振幅を大きくとれることから有利となる。

【0043】図7（a）は超音波モータの正面図、

（b）は平面図を示す。また、このモータは、同相、逆相の二つの共振モードを用いており、共振子部分の振動変位分布を図7（c）、（d）に示す。図7（c）は逆相モードを示しており、双方の共振子の一方の共振子が伸びれば他方の共振子が縮む動きを行い、シェルの殆ど変形させることなく水平方向に移動させるモードである。

【0044】また、図7（d）は同相モードを示しており、双方の共振子が同時に伸びるか縮むかしてシェルの垂直方向に動作させるモードを示す。図中の太矢印はシェルの運動方向を示す。また、 $f_1$ 、 $f_2$ はそれぞれ逆相モード、同相モードの共振周波数であり、 $f_1 < f_2$ と言う関係がある。シェルの剛性を高くすれば $f_1$ と $f_2$ は離れてしまい、シェルの同相、逆相ともに共振駆動することは難しくなるが、適当な剛性のシェルを用い



$(f_1 - f_2) / (f_1 + f_2)^{1/2}$  が7%以内であれば、既に本発明者らにより実験的に共振駆動可能なことが確かめられている。すなわち、ローラ圧接下において共振子30と共振子30'間において互いに位相を90°異ならせて駆動すると、 $f_1$ と $f_2$ モードが接近し、同一周波数で縮退した2つのモードを実現することができるわけである。

【0045】次に、共振駆動によりシェル中央部に楕円振動を生じさせる駆動方法について説明する。図8

(a)、(b)、(c)、(d)に共振子30、30'からの発生変位をそれぞれA、Bとし、またその結果シェル中央部分に生じた変位をCとして、シェルの運動の様子を示す。この動作は図4の動作とほぼ同じである。図9(a)、(b)に共振子30、30'の出力変位と運動のフェイズ(位相)の関係を示す。ここで、共振子30、30'の出力変位に関して、共振子30、30'が伸びる時を正、縮む時を負としている。図8の場合、ローラ36は反時計廻りに回転するが、共振子31の位相をさらに180°進めることにより、ローラ36を時計廻りに回転させることが可能である。

【0046】上記したコンベックス33は図7に示した形状のほかにも、例えば図10(a)、(b)に示すsin形状のコンベックスシェル33a、台形状のコンベックスシェル33bに形成することができる。このような形状の実施例でも図7の実施例と同様の性能を示した。

【0047】次に、本発明の薄型超音波モータの他の実施例について説明する。図11に示すこの実施例の薄型超音波モータは、ステンレス鋼からなるコの字型共振子40、40'とこれと一体に形成されたコンベックスシェル44からステータが構成されている。共振子40、40'は、上側アーム部41、41'と下側アーム部42、42'と底部43、43'から構成され、上側アーム部41、41'に分極方向が同一となるように圧電セラミック素子45、45'がエポキシ系接着剤を用いて接着されている。そして、黄銅からなるローラ46がコンベックスシェル44に、例えば加重6kgfで圧接して構成する。このように構成されたこの実施例の薄型超音波モータは、共振子部分の長さは25mm、共振子部分のアーム厚さは2mm、スリット幅は1mm、コンベックスシェル部分の長さは6mm(曲率半径4mm)、ステータ全長は60mm、高さは8mm、ロータ直径は8mmである。

【0048】このような構成の薄型超音波モータにおいて、圧電セラミック素子45、45'に47、59kHzで50V<sub>rms</sub>の高周波電圧を90°の位相差を与えて印加し、共振モードで駆動した結果、ローラ46は260r.p.m.の回転速度で一方向に回転した。位相差を-90°とした場合には、ローラは前記方向と逆方向に同じ回転速度で回転した。ローラ回転速度に対するトルク特性を測定すると、1、0kgf・cmの起動トルクが得られた。

【0049】この薄型超音波モータは、共振駆動時に底部43、43'に振動節点を内蔵し、上側アーム41、41'と下側アーム42、42'にそれぞれ4分の1波長が乗る構成となっているため、共振時のQが高く(機械的損失が少ない)、また長手方向(X軸方向)の小型化が図れる長所がある。図11に示した長さL<sub>4</sub>は約4分の1波長となる。

【0050】この薄型超音波モータは、図7の実施例と同様に、同相、逆相の2つの固有振動モードを利用しており、共振子部分の振動変位方向を図12(a)、

(b)に示す。図12において(a)は同相モード、

(b)は逆相モードを示し、図中の点線は振動していないときの位置を示す。図12(a)に示した同相モードは、シェルに圧縮させるか伸張させるかの変形を与え、その結果シェル中央部が上下方向に変位する振動モードである。図12(b)に示した逆相モードは、シェルを殆ど変形させることなく並進運動させる振動モードである。図12における太い矢印はシェルの運動方向、または共振子内の矢印はアームの運動方向を示す。

【0051】同相モードではシェルは変形を受けるためスチフネスとして働き、逆相モードではシェルは変形を受けることなく並進運動をおこなうためシェル部分は質量として働く。このため一般に同相モードの共振周波数 $f_2$ は逆相モードのそれ $f_1$ に比べて若干高くなる。シェルの剛性を高くすれば $f_1$ と $f_2$ は離れてしまい、シェルを同相逆相モードともに共振駆動することは難しくなるが、適当な剛性のシェルを用い、 $(f_2 - f_1) / (f_1 + f_2)^{1/2}$ が7%以内であれば、既に本発明者らにより実験的に共振駆動可能なことが確かめられている。すなわち、ローラ圧接下において共振子40と共振子40'間において、互いに位相を90°異ならせて駆動すると $f_1$ と $f_2$ モードが接近し、同一周波数で縮退した2つのモードを実現することができる。

【0052】共振駆動によりシェル中央部分に楕円振動を生じさせる駆動法については、図7の実施例の説明

(図8)と同じである。なお、図13に示すステータ構造の超音波モータにおいても、図11の実施例とほぼ同様の結果が得られた。この実施例では、コの字型共振子の下側アームからコンベックスシェル44aを上方に突出した構造であり、図11に示した構造の超音波モータに比べて薄型化に有利となる。なお、コンベックスシェル44、44aは、図10(a)、(b)に示す形状にすることもできる。

【0053】図11の実施例において、ステンレス鋼製コンベックスシェルの形状を円弧状とし、シェル厚さを1mm、曲率半径を4mm、幅を20mmとし、このコンベックスシェルに10kgfの押圧力を加えた場合、シェルの曲率半径が大きくなる方向に変形を受けるが、実験においてその変形量は1μm以下と小さい。したがって、上記実施例と同様に、高推力が得られる。

【0054】次に、本発明の薄型超音波モータの他の実施例について説明する。図14に示すこの実施例の薄型超音波モータは、ステンレス鋼からなるほぼコの字型共振子50、50'とこれと一体に形成されたコンベックスシェル54からステータが構成されている。共振子50、50'は、上側アーム部51、51'と下側アーム部52、52'と底部53、53'から構成され、上側アーム部51、51'に分極方向が同一となるように圧電セラミック素子55、55'がエポキシ系接着剤を用いて接着されている。そして、黄銅からなるローラ56がコンベックスシェル54に、例えば加重6kgfで圧接して構成する。このように構成されたこの実施例の薄型超音波モータは、図11の実施例と同様に、共振子部分の長さは25mm、共振子部分のアーム厚さは2mm、スリット幅は1mm、コンベックスシェル部分の長さは6mm（曲率半径4mm）、ステータ全長は60mm、高さは8mm、ローラ直径は8mmである。

【0055】このような構成の薄型超音波モータにおいて、圧電セラミック素子55、55'に56、23kHzで50V<sub>rms</sub>の高周波電圧を90°の位相差を与えて印加し、共振モードで駆動した結果、ローラ56は290r.p.m.の回転速度で一方向に回転した。位相差を-90°とした場合には、ローラは前記方向と逆方向に同じ回転速度で回転した。ローラ回転速度に対するトルク特性を測定すると、1、0kgf・cmの起動トルクが得られた。

【0056】この薄型超音波モータは、共振駆動時に上側アーム51、51'のほぼ中間に振動節点を内蔵し、上側アーム51、51'と下側アーム52、52'にそれぞれ8分の3波長が乗り、上側と下側のアーム全体で4分の3波長が乗る構成となっているため、共振時のQが高く、また長手方向(X軸方向)の小型化が図れる長所がある。図14に示した長さL<sub>g</sub>は約8分の3波長となり、支持部58は振動の節点となる。したがって、支持部58をステータに固定しても、共振子の振動モードに悪い影響は与えない。

【0057】この薄型超音波モータは、図11の実施例と同様に、同相、逆相の2つの固有振動モードを利用しており、共振子部分の振動変位方向を図15(a)、(b)に示す。図15において(a)は同相モード、(b)は逆相モードを示し、図中の点線は振動していないときの位置を示す。図15(a)に示した同相モードは、シェルに圧縮させるか伸張させるかの変形を与え、その結果シェル中央部が上下方向に変位する振動モードである。図15(b)に示した逆相モードは、シェルを殆ど変形させることなく並進運動させる振動モードである。図15における太い矢印はシェルの運動方向、または共振子内の矢印はアームの運動方向を示す。振動形態は図11の実施例と同様である。

【0058】共振駆動によりシェル中央部分に楕円振動

を生じさせる駆動法については、図11の実施例の説明(図8)と同じである。なお、コンベックスシェル54は、図10(a)、(b)に示す形状にすることもできる。この実施例では、ステータ全体が閉じた構造となっているので圧接力Fに対して構造的に強固で圧接力Fを大きくすることが可能である。

【0059】次に、本発明の薄型超音波モータの他の実施例について説明する。図16に示すこの実施例の薄型超音波モータは、ステンレス鋼からなり、平面内で折り曲げられた2つの相対向して配置されたコ字型共振子60、60'と、この各共振子の両先端にそれぞれ一体に固定されたコンベックスシェル64、64'とからステータが構成されている。コ字型共振子60はアーム61と62でコ字型が形成され、コ字型共振子60'はアーム61'と62'でコ字型が形成されている。そして、アーム61と61'の先端部がコンベックスシェル64で接続され、アーム62と62'の先端部がコンベックスシェル64'で接続されている。

【0060】アーム部61、61'には、分極方向が反対方向となるように圧電セラミック素子65、65'がエポキシ系接着剤を用いて接着されており、アーム部62、62'には、分極方向が反対方向となるように圧電セラミック素子66、66'がエポキシ系接着剤を用いて接着されている。そして、コンベックスシェル64の湾曲して突出した中央部には、黄銅からなるローラ67が例えば加重6kgfで圧接している。コンベックスシェル64'にもローラ67を接触させ、2箇所駆動させることもできる。このように構成した薄型超音波モータは、共振子部分の長さは25mm、共振子部分のアーム厚さは2mm、スリット幅は0、5mm、コンベックスシェル部分の長さは6mm（曲率半径4mm）、ステータ全長は60mm、高さは8mm、ローラ直径は8mmである。

【0061】このような薄型超音波モータにおいて、圧電セラミック素子65、66に同位相の47、59kHzで50V<sub>rms</sub>の高周波電圧を印加し、圧電セラミック素子65'、66'には圧電セラミック素子65、66に印加する電圧に対して90°の位相差を与えて高周波電圧を印加し、共振モードで駆動した。その結果、ローラ67は620r.p.m.の回転速度で一方向に回転した。位相差を-90°とした場合、ローラは前記方向と逆方向に同じ回転速度で回転した。ローラ回転速度に対するトルク特性を測定すると、1、6kgf・cmの起動トルクが得られた。

【0062】この薄型超音波モータのステータでは、コ字型共振子60、60'の各アーム61、62及び61'、62'は、一方が伸びた時に他方が縮む振動モードを積極的に利用していることが特徴である。このコ字型共振子の振動モードは以下説明のように励振させることができる。ここでは、図16の左側にあるコ字型共振子60を例にとって図17を用いて説明する。図17に

において、圧電セラミック素子65、66は互いに極性が反対になるように、共振子のアーム部61、62から底部63にかけて接着される。図中の+、-の記号は圧電セラミック素子の極性の一例を示している。また、電気的結線は、圧電セラミック素子65、66の上面からそれぞれリード線を取り出して一体化して電気端子69に接続し、また、金属板でできたコ字型共振子からアース端子70を取り出す。電気端子19とアース端子20間に交流電圧を印加することにより上記モードを励振させることができる。

【0063】この薄型超音波モータは、共振駆動時にコ字型共振子の底部63、63'に振動節点を内在し、各アーム部分61、62、61'、62'にはほぼ4分の1波長の縦波が乗る構成となっているため、共振時のQが高く、また長手方向に小型化が図れる長所がある。また、コンベックスシェル64、64'は、形状が円弧状であるため、従来の縦・屈曲平板に比べて、ローラからの圧接力Fに対して、遥かに大きなスチフネスを実現することができる。

【0064】例えば、コンベックスシェルの形状を円弧状とし、シェル厚を1mm、曲率半径を4mm、幅を10mmにして、これに10kgfの押圧力を加えた場合、シェルの曲率半径が大きくなる方向に変形を受けるが、実験においてその変形量は2μm以下と小さい。したがって、縦・屈曲平板に比べて遥かに大きな押圧力をシェルに加えることができる。よって、上記の各実施例と同様に高推力を得ることができる。

【0065】次にこの実施例の薄型超音波モータの動作原理について述べる。このモータは、同相、逆相二つの固有振動モードを利用しており、共振子時の共振子部分及びシェル部分の振動変位方向を図18(a)、(b)に示す。図18において、(a)は同相モード、(b)は逆相モードを示し、図中の点線は振動していないときの位置を示す。図18(a)に示した同相モードは、シェルに圧縮させるか伸張させるかの変形を与え、その結果、コンベックスシェル64'の中央部分では面垂直方向下向きの変形を受け、またコンベックスシェル64の中央部分では面垂直方向上向きの変形を受ける。

【0066】図18(b)に示した逆相モードは、シェルを殆ど変形させることなく並進運動させる振動モードである。図において、アーム部分の矢印はアームの運動方向、シェル部分の矢印はシェル部分の運動方向を示す。図18(a)、(b)に示した運動方向より、シェル64とシェル64'では互いに逆向き、すなわち180°位相が異なる運動を行っていることが分かる。同相モードでは、シェルは変形を受けるためスチフネスとして働き、逆相モードでは、シェルは殆ど変形を受けることなく並進運動をおこなうため、シェル部分は質量として働く。この動作は以上に述べてきた各実施例と同様である。

【0067】共振駆動によりシェル中央部分に楕円振動を生じさせる駆動法についても、図8、9の説明と同様である。この実施例では、楕円運動の一周期の間にコンベックスシェル64と64'がそれぞれ1回ずつローラに接触する。すなわち、楕円運動1周期の間に合計2回、シェルとローラが接触するわけであるから、ローラの駆動力は単一シェルのものの2倍になる。また、共振子60と共振子61間の圧電セラミック素子に印加する電圧の位相を90°、270°とすることにより、容易にローラの回転方向を時計廻り、反時計廻りに選定することができる。

【0068】また、図16において、コ字型共振子の底部63及び63'の部分が、共振駆動時において首振り運動を行っているが、この底部63、63'の部分を厚くすることにより、その質量効果で共振周波数を低下させることができる。したがって、駆動周波数の低周波化を図ることが可能である。コンベックスシェル64、64'は、図16の形状のほかにも、例えば図10(a)、(b)に示すような形状にしても同様の性能を得ることができる。

【0069】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によると、薄型で高推力、高トルクの超音波シートフィードおよび薄型超音波モータを提供することができ、ファクシミリ用など大きな駆動力を必要とする機器にも適用でき、工業的価値は計り知れないものがある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の超音波シートフィードの1実施例の基本構成を示す平面図、断面正面図である。

【図2】図1の実施例のコンベックスシェル部分の振動軌跡を示す図である。

【図3】図1の実施例の超音波シートフィードの要部の物理モデル図である。

【図4】図1の実施例のコンベックスシェル部分の運動を示す図である。

【図5】図1の実施例における、非共振駆動方法の一例を示す圧電セラミック素子の出力変位とコンベックスシェルの運動のフェーズ関係図である。

【図6】本発明の薄型超音波モータの一実施例の基本構成を示す斜視図である。

【図7】図6の実施例の正面図、平面図、振動変位分布図である。

【図8】図6の実施例のコンベックスシェル部分の運動を示す図である。

【図9】図6の実施例における、非共振駆動方法の一例を示す圧電セラミック素子の出力変位とコンベックスシェルの運動のフェーズ関係図である。

【図10】図6の実施例のコンベックスシェルの変形例の正面図である。

【図11】本発明の薄型超音波モータの他の実施例の基

本構成を示す正面図、平面図である。

【図12】図11の実施例の共振器部分の運動を示す図である。

【図13】本発明の薄型超音波モータの他の実施例の基本構成を示す正面図である。

【図14】本発明の薄型超音波モータの他の実施例の基本構成を示す正面図、平面図である。

【図15】図14の実施例の共振器部分の運動を示す図である。

【図16】本発明の薄型超音波モータの他の実施例の基本構成を示す平面図、正面図である。

【図17】図16の実施例の共振器の一方の斜視図である。

【図18】図16の実施例の共振器部分の運動を示す図である。

【図19】従来の縦屈曲二重モード平板状振動子の構造図である。

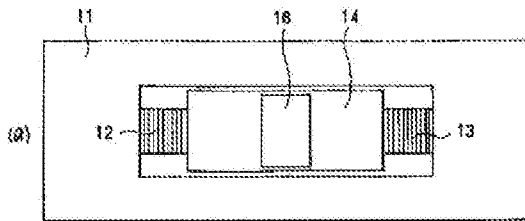
【図20】図19の二重モード平板状振動子の振動モードを示す図である。

【図21】従来の縦屈曲二重モード平板状振動子を用いた超音波シートフィーダを示す要部の正面図である。

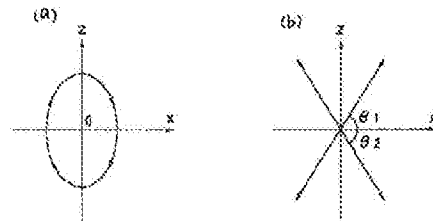
【符号の説明】

- 11 ベース
- 12、13 圧電セラミック素子
- 14 コンベックスシェル
- 15 耐摩耗性シート
- 16 圧接ブロック
- 17 紙シート
- 18、19 シェル底部
- 20、21 摺動部材
- 120 発振器
- 121 位相シフター
- 122、123 増幅器

【図1】



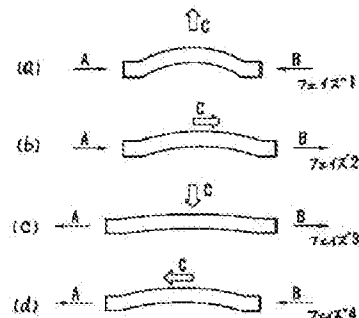
【図2】



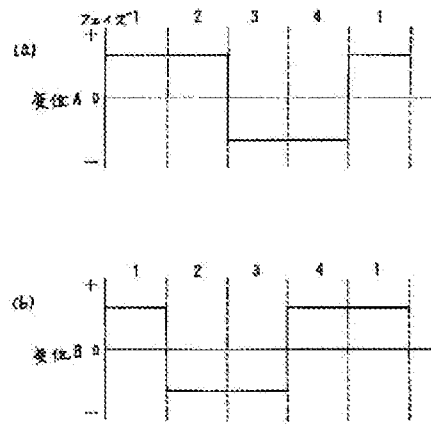
【図3】



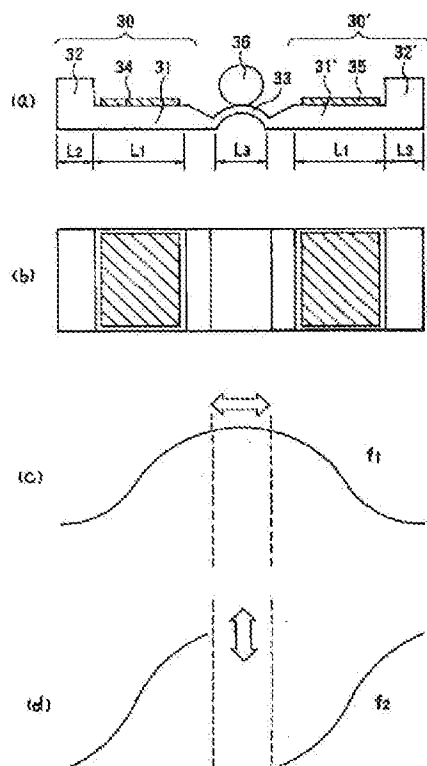
【図4】



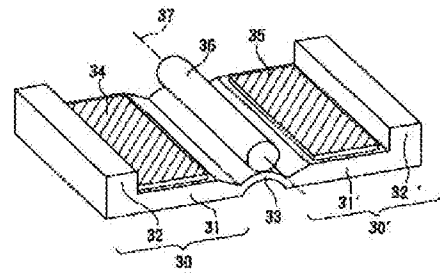
【図5】



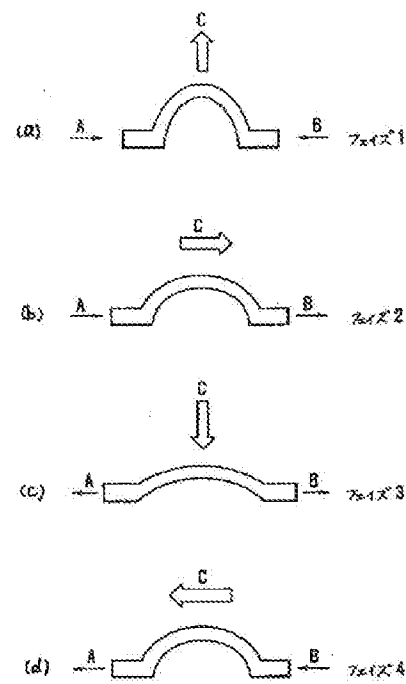
【図7】



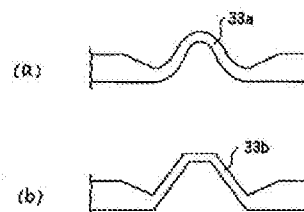
【図6】



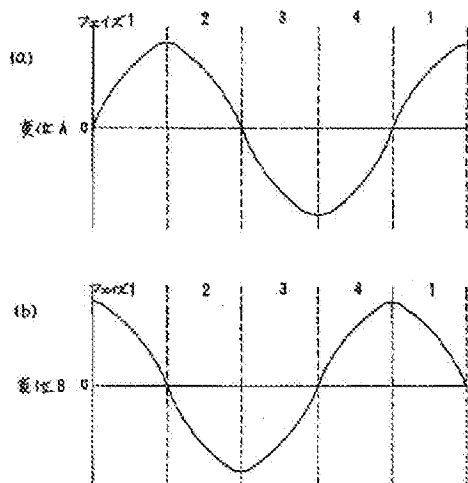
【図8】



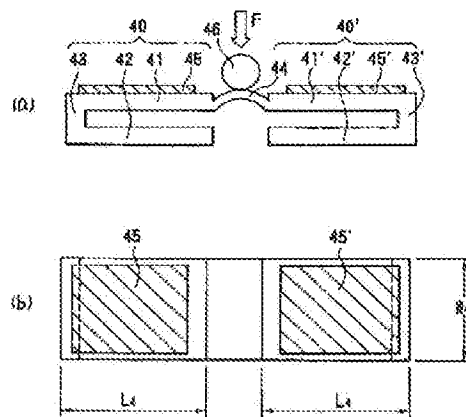
【図10】



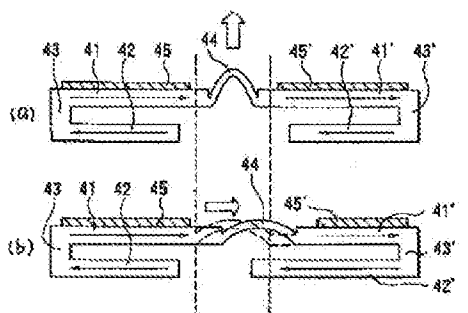
【図9】



【図11】



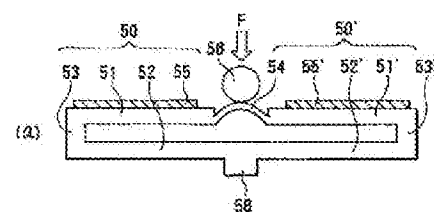
【図12】



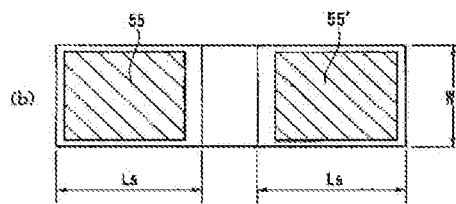
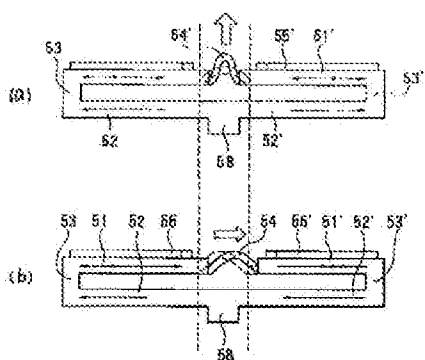
【図13】



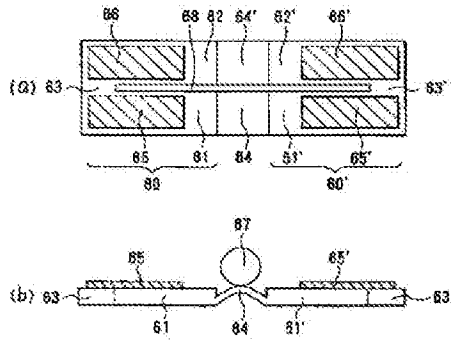
【図14】



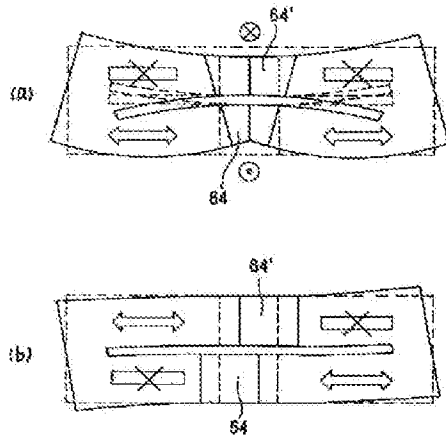
【図15】



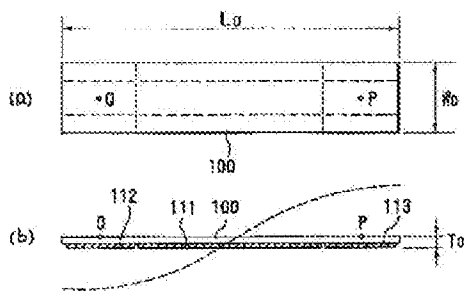
【図16】



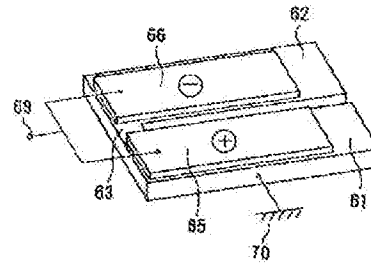
【図18】



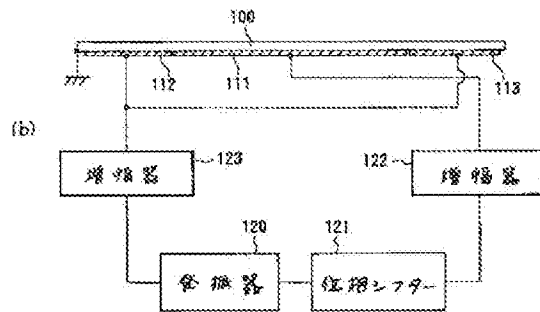
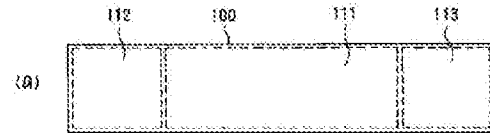
【図20】



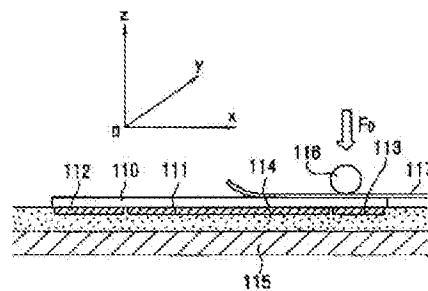
【図17】



【図19】



【図21】



フロントページの続き

(72)発明者 井上 武志

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株  
式会社内

(72)発明者 菅 通久

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株  
式会社内